특집論文 89－26－11－9

N_2H_4-H_2O용액의 {100} Si에 대한 최적식각조건의 설정과 전기화학적 식각에의 응용

(Establishment of Optimal {100} Si Etching Condition for N_2H_4-H_2O Solutions and Application to Electrochemical Etching)

朱 炳 權*, 李 允 熙*, 金 炯 坤*, 吳 明 煥*

(Byeong Kwon Ju, Yun Hi Lee, Hyoung Gon Kim, and Myung Hwan Oh)

要 約

N_2H_4-H_2O용액의 비등방성식각 특성을 이용하여 집적센서용 Si다이아프램을 제작하였다. {100} Si의 식각시, 보다 높은 식각률(≃2.6μm/min)과 {100} 면의 향상된 식각표면특성을 얻을 수 있는 N_2H_4-H_2O 용액의 최적조성비 및 반응온도는 각각 50mol% N_2H_4, 105±2℃로 선택되었다. 이 조건하에서 20μm의 두께의 n형 Si다이아프램의 제작을 위해 전기화학적 식각정지기법이 응용되었으며 제작된 다이아프램의 두께는 20±1μm의 범위내에서 조절이 가능하였다.

Abstract

Using the anisotropic etching characteristics of N_2H_4-H_2O solutions, Si diaphragm was fabricated for the integrated sensors. The optimal composition and temperature of the etching soluton in (100) Si etching process was established to be 50 mol% N_2H_4 in H_2O at 105 ± 2°C for both higher etch rate(≃2.6μm/min) and better surface quality of etched (100) planes. Based on the above optimal etching condition, the electrochemical etch-stop technique was employed to form n-type Si diaphragm having a thickness of 20μm and the thickness of diaphragm could exactly be controlled to 20 ± 1 μm.

Ⅰ. 서 론

단결정{100}Si의 비등방성식각 특성과 이를 이용한 다이아프램, 캔틸레버 빔등의 제작에 관해서는 앞서 발표된 바 있다.[1] 이를 통하여 EPW용액, KOH 수용액, N_2H_4 수용액들의 Si 식각을 포괄적으로 다루었으나 N_2H_4수용액이 기타의 식각용액들에 비해 2배 이상의 〔100〕방향으로 식각률을 가지며 아울러 SiO_2막에 식각마스크로 사용될 수 있으므로 센서의 일괄처리공정이라는 장기적 안목으로 볼 때 보충적인 연구가 수행될 필요가 있다.

이에 본 고에서는 N_2H_4수용액을 이용한 {100}Si의 비등방성식각 실험을 통하여, 기타 수용액들에 비해 이 용액의 사용이 상대적으로 위축되어 온 이유인 식각표면상태의 분균일특성을 고찰하고 높은 식각률과 향상된 표면균일도를 얻을 수 있는 용액의 조성비 및 반응온도를 추출하였으며 이 조건하에서 n-p 접합이 이루어진 Si 웨이퍼에 대해 전기화학적 식각을 수행하여 면적 500x 500μm², 두께 20±1μm의 표면상태가 좋은 집적센서용 Si 다이아프램을 제작하였다.

*正會員, 韓國科學技術研究院 應用物理·電子研究部
(Dept. of Applied Physics and Electronics, KIST)

接受日字：1989年 7月 1日
(※ 본 연구는 과학기술처 연구비 지원의 일부로 이루어졌음.)

Ⅱ. 비등방성식각의 수행

〔100〕방향으로의 식각률과 식각표면상태를 관찰하기 위한 시편의 제작을 위해 두께 500μm, 저항률 ρ =3Ω cm의 n형 (100) Si웨이퍼상에 3000Å두께의 열산화막을 성장시킨 뒤 1×1mm²크기의 정사각형 윈도우들을 {110} 플랫에 수직/평행하도록 형성하였다. 제작된 시편들을 그림 1에 보인 식각장치내에 넣고 30~150분동안 비등방성식각한 뒤 현미경의 촛점거리의 이동이나 시편의 단면관찰을 통하여 〔100〕 방향으로의 식각률을 측정하였다. 이때 식각용액으로서 사용한 N_2H_4수용액은 그 조성비 및 반응온도를 각각 20~80mol%N_2H_4, 60~115℃의 범위내에서 가변시켜 보았다.

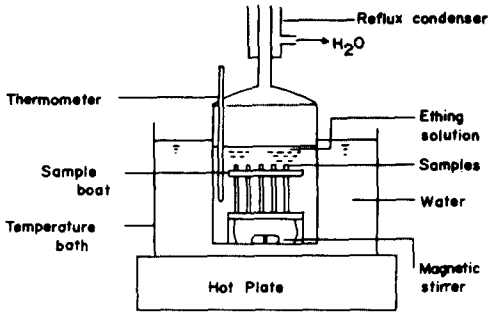


그림 1. Si의 비등방성식각 장치
Fig. 1. Anisotropic etching apparatus for Si.

식각결과를 살펴보면 온도를 일정하게 유지한 경우 식각률은 50mol%N_2H_4까지는 N_2H_4의 농도에 비례하여 증가하나, N_2H_4의 농도가 그 이상으로 증가하면 식각률은 오히려 감소하는 경향을 보였으며 용액의 온도에 대해서는 대수적으로 비례하였다. 50mol%N_2H_4수용액의 경우 반응온도가 115℃일때 약 3μm/min의 식각률을 보였는데 이는 EPW용액이나 KOH 수용액의 경우에 비해 약 2.5배 이상의 큰 값이다. N_2H_4의 농도와 용액의 반응온도에 대한 Si{100}면의식각률의 의존도를 그림2에 보였다.

Ⅲ. N_2H_4수용액에 의해 식각된 {100}표면상태의 관찰

일반적으로 습식식각에 의한 단결정 Si의 비등방성식각후에 식각표면에 발생하는 불완전한 식각현상

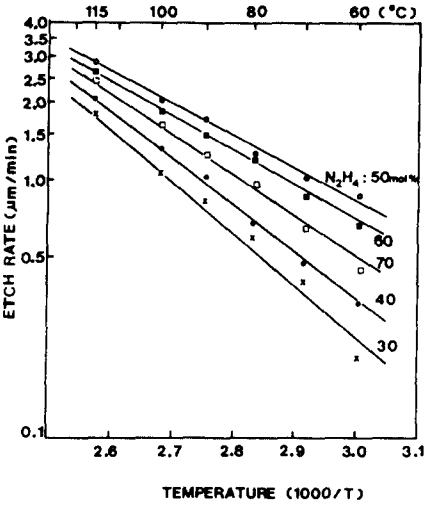
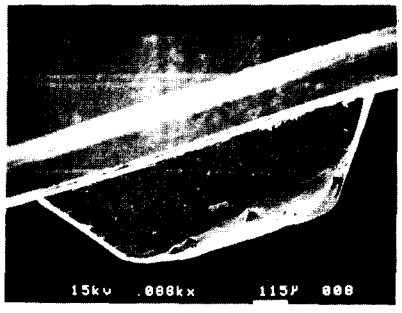


그림 2. N_2H_4 농도와 반응온도에 따른 Si{100} 면의 식각률 변화
Fig. 2. N_2H_4 concentration and reaction temperature vs. etch rates of Si{100} planes.

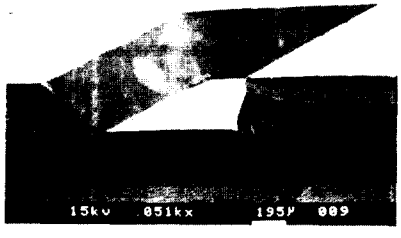
들로는 etch pit, hillock, wave-shaped texture, unsoluble reaction product등이 있다[2]. 특히 N_2H_4 수용액을 사용할 경우에는 높은 식각률을 얻을 수 있는 반면 식각된 Si의 표면특성이 상대적으로 매우 불균일하다는 점이 문제점으로 지적되어왔다. 본 실험에서는 앞서 그림1에 보인 바와 같이 항온조, 용액의 되흐름기, 교반기등을 사용하여 용액의 농도 및 온도 구배를 가능한 최소화한 뒤, 가장 큰 식각률을 갖는 50mol% N_2H_4수용액을 기준으로 반응온도의 변화에 따른 {100}식각표면특성을 관찰하여 보았다.
그림 3에 나타난 식각결과를 살펴볼때 임계온도인 105℃를 중심으로하여 보다 저온에서는 hillock현상이, 보다 고온에서는 unsoluble reaction product의 발생이 심하였는데 이는 비활성적인 식각반응, 원자간의 반응이 아닌 Si덩어리형태로의 분해, Si잔유물의 표면부착력의 강화등에 기인한 것으로 생각된다[3]. 최적반응온도로 설정된 105±2℃ 하에서 N_2H_4의 농도를 20~85mol%로 변화시킨 경우 50mol%이외의 영역에서 식각율은 감소하나 hillock이나 unsoluble reaction product등이 없는 균일한 {100}식각표면을 얻을 수 있었다. 105±2℃의 반응온도에서 N_2H_4의 농도에 따른 Si{100}면의 식각률의 변화를 그림4에 보였다.

Ⅳ. 105±2℃, 50mol%N_2H_4수용액하에서의 전기화학적 식각

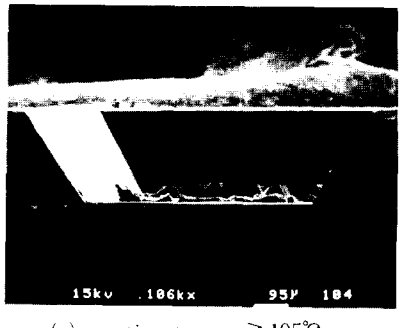
두께 20μm의 집적센서용 Si 다이아프램의 제작을



(a) reaction temp · ≤ 105℃



(b) reaction temp · = 105±2℃



(c) reaction temp · ≥ 105℃

그림 3. 50mol% N_2H_4수용액에 의해 식각된 Si{100} 면의 관찰

Fig. 3. Observation of Si{100} planes etched by 50 mol% N_2H_4 agueous solution.

위해 p형 Si웨이퍼〔직경 : 4인치, 두께500μm, ρ : 16 Ωcm, 방향성 : (100)면〕상에 n형 Si층〔두께 : 20μm, ρ : 1.2Ωcm)을 CVD방법에 의해 에피택시하였다. 다음단계로 3000Å두께의 열산화막을 성장시켜 p형 기판상에는 500×500μm²면적의 다이아프램을 얻을 수 있는 윈도우를 사진식각공정에 의해 형성하였으며 n형 epi층상에는 산화막을 벗겨낸 뒤 식각정지 바이어스 인가용 Cr/Au전극을 진공증착하였다. 이때 식각 마스크인 SiO_2 윈도우의 크기 K는 {100} Si의 결정성

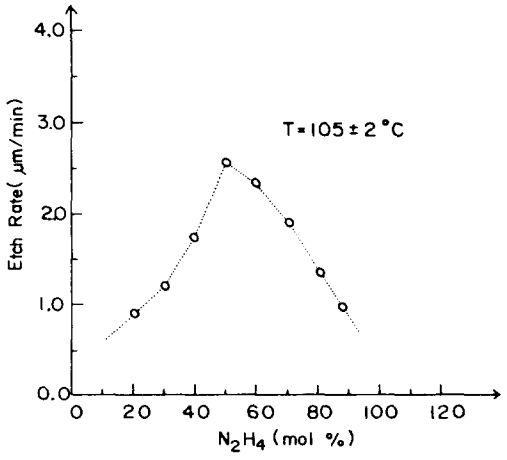


그림 4. 105±2℃에서 N_2H_4의 농도에 따른 Si{100} 면의 식각률 변화

Fig. 4. N_2H_4 concentration vs. etch rates of Si {100} planes at 105±2℃

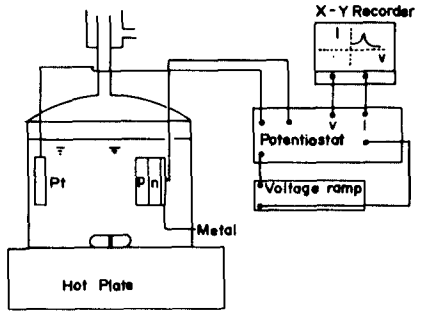
에 의거하여 다음과 같이 얻어진다.[4]

$$K=L+\sqrt{2}\,(D-H)$$

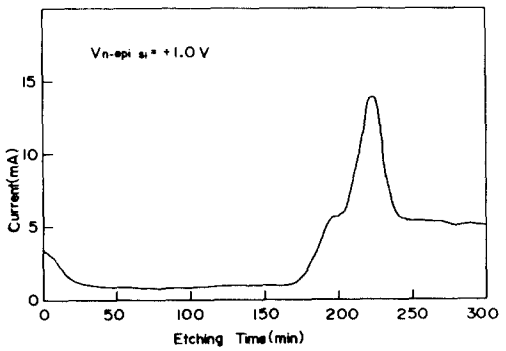
단, L : 다이아프램의 한 변의 길이
H : 다이아프램의 두께
D : Si웨이퍼의 두께

준비된 시편을 그림5(a)와 같이 구성된 전기화학적 식각장치내에서 비등방성식각을 하였다.[5] 식각용액으로는 앞서 얻어진 최적조건에 따라 50mol% N_2H_4수용액을 105±2℃에서 사용하였고 n형 epi-Si층상의 금속전극에 식각정지용 바이어스로서 +1.0V를 인가하였다. 전기화학적 식각이 진행되는 동안에 식각용액내를 흐르는 전류파형은 그림5(b)와 같이 관찰되었는데 전류 피이크가 발생하는 순간이 n형 epi-Si의 양극산화에 의해 식각정지가 이루어지고 있는 상태이다.

이를 통하여 제작된 20개의 n형 Si다이아프램을관찰한 결과 표면특성은 높이 편차 △h< ±0.5μm내에서 균일하였으나 다이아프램간의 면적 및 두께에 있어서 각각 ±16μm², ±1μm정도의 오차를 보이는데 이는 〔111〕방향으로의 미세한 측면식각과 정합오차, 그리고 고온산화시 발생하는 n-p접합부의 이동등에 기인한 것으로 생각된다. 본 실험을 통하여 제작된 면적 500×500μm², 두께 20μm의 n형 Si다이아프램을 그림6에 나타내었다.



(a)



(b)

그림 5. (a) 전기화학적 식각장치
(b) 식각용액내를 흐르는 전류파형
Fig. 5. (a) Electrochemical etching apparatus.
(b) Current curve flowing through etching solution.

V. 결 론

N_2H_4수용액을 이용한 {100} Si의 비등방성 식각시 {100} 식각표면에 형성되는 hillock 및 unsoluble reaction product를 제거함과 동시에 가능한 높은 〔100〕 방향으로의 식각률을 얻을 수 있는 용액의 조성비 및 반응온도는 각각 50mol% N_2H_4-H_2O, 105±2℃로 결정되었으며, 이 조건하에서의 〔100〕방향으로의 식각률은 약 2.6μm/min이었다. 집적센서용 Si 다이아프램의 제작을 위해 얻어진 최적식각조건을 이용하여 전기화학적 식각을 수행한 결과 기타 비등방성식각용액들에 비해 식각정지시점까지의 시간소모량을 1/2배 이하로 감소시킬 수 있었으며 우수한 표면균일도를 갖는 두께 20±1μm의 n형 Si다이아프램의 제작이 가능하였다.

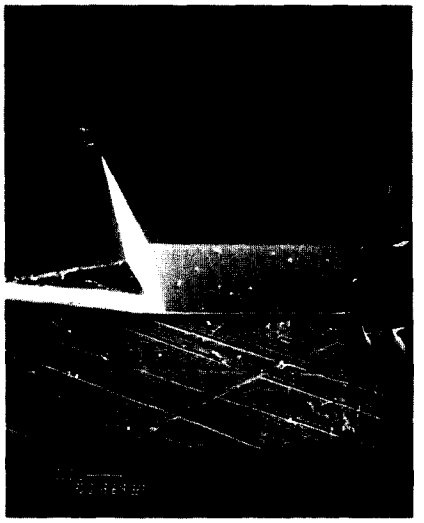


그림 6. 제작된 두께 20μm의 n형 Si 다이아프램
Fig. 6. Fabricated n-type Si diaphragm having a thickness of 20μm.

參 考 文 獻

[1] 주병권외, "실리콘의 비등방성식각을 이용한 집적센서용 미세기계구조의 제작," 전기 및 전자공학회 합동학술발표회 논문집, vol. 7, No 1, pp. 142~146, May 1989.

[2] 한국과학기술원 연구보고서 BS2E926-3464-4, pp. 30~44, Apr. 1989.

[3] A. Reisman et al., "The controlled etching of silicon in catalyzed ethylenediamine-pyrocatechol-water solutions," J. Electrochemical Soc., vol. 126, no. 8, pp. 1406-1415, Aug. 1979.

[4] E. Bassous et al., "The fabrication of high precision nozzles by the anisotropic etching of (100) silicon," J. Electrochemical Soc., vol. 125, no. 8, pp.1321-1327, Aug. 1978.

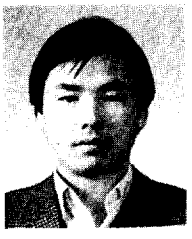
[5] T.N. Jackson et al., "An electrochemical P-N junction etch-stop for the formation of silicon microstructures," IEEE Electron Dev. Lett., vol. EDL-2, no. 2, pp. 44-45, Feb. 1981.

著 者 紹 介

朱 炳 權(正會員)

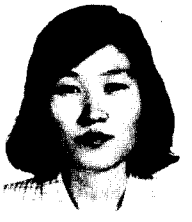
1962年 12月 2日生. 1986年 2月 서울시립대학교 전자공학과졸업. 1988年 2月 서울시립대학교 대학원 전자공학과 공학석사취득. 1988年 2月～현재 KIST응용전자연구실 연구원. 주관심분야는 실리콘 미세가공, 지능형 실리콘 집적센서등임.

●



金 炯 坤(正會員)

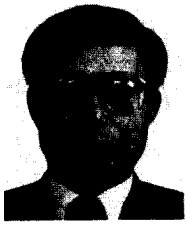
1952年 4月 5日生. 1974年 한국항공대학 전자공학과 졸업. 1983年, 1985年 영국 Kent Univ. 전자공학과 공학석사 및 박사학위취득. 현재 KIST집적 시스템 연구실 책임 연구원 및 연구실장. 주관심분야는 지능형 실리콘집적센서, VLSI Architecture 및 Design. 병렬영상 신호처리 및 알고리듬등임.



李 允 熙(正會員)

1963年 2月 28日生. 1985年 2月 고려대학교 물리학과 졸업. 1987年 2月 고려대학교 대학원 물리학과 이학석사취득. 현재 KIST 응용전자연구실 연구원. 주관심분야는 실리콘 집적센서, Ⅱ－Ⅵ 반도체를 이용한 EL 표시장치등임.

●



吳 明 煥(正會員)

1943年 6月 10日生. 1965年 서울대학교 전기공학과 졸업. 1972年 서울대학교 대학원 전기공학과 공학석사 취득. 1979年 프랑스 Paul Sabatier Univ. 전기공학과 박사학위 취득. 1976年～1979年 프랑스 CNRS Lab., G'enie Electrigue 연구원. 1986年～1987年 미국 North Carolina Univ. 객원연구원. 현재 KIST 응용물리·전자연구부 책임연구원 및 연구부장. 주관심분야는 지능형 실리콘센서, 전계발광표시 소자. 금속－산화물 반도체등임.